Technical Information

EXA PHシリーズ

プロセス用pH計（基礎・製品編）

EXA PH

TI 12B07A03-01

目　次

1. はじめに 2
2. pHとは何か 3
3. pH測定方法の種類 4
   - 3.1 pH指示薬法 4
   - 3.2 水素電極法 4
   - 3.3 キンヒドロン電極法 5
   - 3.4 アンチモン電極法 5
   - 3.5 ガラス電極法 5
4. ガラス電極によるpH測定 7
   - 4.1 ガラス電極によるpH測定の原理 7
   - 4.2 温度補償 8
   - 4.3 不斉電位調整 8
   - 4.4 スパン調整 9
   - 4.5 アルカリ誤差 9
   - 4.6 酸誤差 10
5. 標準液 11
   - 5.1 標準液の種類 11
   - 5.2 標準液の調製方法 12
     - 5.2.1 標準液の調製方法 12
     - 5.2.2 薬品および純水 12
     - 5.2.3 標準液調製の際に留意する事項等 12
   - 5.3 標準液の保存 13
   - 5.4 標準液の緩衝作用 13
6. pH検出器 14
   - 6.1 一般用pH検出器（PH8EFP，PH8ERP） 14
   - 6.2 KCl補給形pH検出器とKCl拡散形pH検出器の使い分け 16
   - 6.3 特殊アプリケーション用pH検出器 16
     - 6.3.1 純水用pH検出器（PH8EHP） 16
     - 6.3.2 電解プロセス用pH検出器（PH8ECP） 17
     - 6.3.3 化学プロセス用pH検出器（DPA405, DPA406） 18
     - 6.3.4 固体電解質pH検出器（HA405, HA406） 19
     - 6.3.5 耐フッ酸用pH検出器（HF405） 21
     - 6.3.6 小型培養槽用pH検出器（DPAS405） 21
7. pH検出器・ホルダセレクションガイド 22
8. 計量法検定 23
9. 耐食材料表 25

Techical Information　改訂情報 27

YOKOGAWA
横河電機株式会社

TI 12B07A03-01
2005. 07　初版(YK)
2010. 12　2版(YK)

1. はじめに

当社は，プロセス分析計のパイオニアとして，一貫して優れた操作性，メンテナンス性を考慮したオンライン用分析計の開発をすすめています。1971年に発表したpH伝送器・P/Hセルは，分析計の2線伝送方式の幕開けとなり，それまでの分析計のイメージを変え，一般工業計器と同程度に簡便な計装を可能にしました。また，現在では既に一般化している超音波洗浄をいち早く採用したこともあいまって，ユーザに好評をもって迎えられました。
その後，pHのオンライン測定は，その適用領域を拡大し，上下水をはじめ各種プロセスから工場排水，各種産業排水にまで至っています。
この技術資料「基礎・製品編」は，プロセスpH計を初めて取り扱う方を対象にpH計の原理，各種pH検出器について述べてあります。

2. pHとは何か

pHとは，酸，アルカリの程度を示す単位で，水素イオン濃度とは次式の関係があります。

$$pH = -\log_{10}(\text{水素イオン濃度}) \quad \cdots (2.1)$$

pHのpは，対数のpower（べき乗）を意味し，Hはhydrogen（水素）の意味です。
pHの書き方，呼び方は各種のものがあり，特に呼び方にはドイツ語読みのペーハーと英語読みのピーエッチの両方が使われてきましたが，1958年度制定のJIS Z 8802で，書き方は『pH』，呼び方は『ピーエッチ』と定められました。
水素イオン濃度は表2.1の例のように，中性では10^{-7}mol/l，1/10mol/lのHClでは10^{-1}mol/l，1/10mol/lのNaOHでは10^{-13}mol/lとなり，非常に小さい数で実用上取扱いが繁雑です。それで濃度の対数をとり，マイナスの符号をつけると，おのおの7，1，13となり簡単な数値になります。この単位がpHです。

表2.1 水素イオン濃度とpHの関係

溶液の種類	水素イオン濃度(mol/l)	pH=-$\log_{10}$(水素イオン濃度)
1/10mol/l HCl	10^{-1}	1
1/100mol/l HCl	10^{-2}	2
中性	10^{-7}	7
1/100mol/l NaOH	10^{-12}	12
1/10mol/l NaOH	10^{-13}	13

T0201.EPS

（2.1）式の定義は，より正しい表現では（2.2）式のようになります。

$$pH = -\log_{10}(\text{水素イオン活量}) \quad \cdots (2.2)$$

この水素イオン活量は水素イオン濃度と活量係数の積です。活量係数とは溶液中でイオンが化学反応などにあずかる程度を示す量で，希薄溶液のようにイオンの数が少なくお互いに活動できるときは，1.0ですが，イオン濃度が増すとお互いのイオンがじゃまになって，この係数は，1.0より小さくなります。
しかし，通常の測定液では，活量係数は1.0に近い値となるため，pHの定義を（2.1）式で考えても大きな問題は生じません。

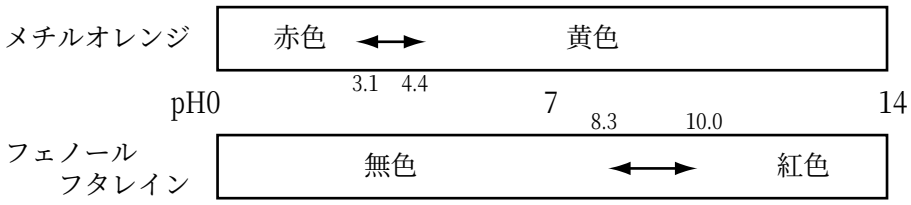
3. pH測定方法の種類

pH測定の方法はその発展の過程として各種の方法がありますが，そのうち主なものは次の通りです。

(1) 指示薬を用いるもの。
(2) 水素電極を用いるもの。
(3) キンヒドロン電極を用いるもの。
(4) アンチモン電極を用いるもの。
(5) ガラス電極を用いるもの。

3.1 pH指示薬法

リトマス試験紙やメチルオレンジ溶液，フェノールフタレイン溶液などの試薬を用いる方法で，歴史が古く，方法も簡単です。
最も簡単な方法は，リトマス試験紙を測定液に浸してみる方法で，青いリトマス紙が赤に変色したら酸性，赤いリトマス紙が青に変色したらアルカリ性です。
メチルオレンジ溶液やフェノールフタレイン溶液などの試薬を用いる方法は，これらの試薬を測定液に2～3滴垂らし，変色の具合でおおよそのpH値を知ることができます。



しかし，これらの方法では取扱いが容易なのに対し，正確なpHの測定はできませんし，測定液が着色している時は測定が困難であるなどの欠点があります。

3.2 水素電極法

水素ガスを十分に吸着させた白金電極は水素電極と呼ばれ，これを測定液に浸すと，液の水素イオン濃度（正確には水素イオン活量）に関連した電位を発生するので，測定液のpH値を求めることができます。
水素電極による測定は水素イオンの活量そのものを測る方法なので，現在でもpH測定の標準的な方法として用いられていますが，爆発の危険がある水素ガスを常時必要とし，操作が面倒なうえ，塩誤差やその他の誤差も伴いますので，工業的な方法としては用いられていません。

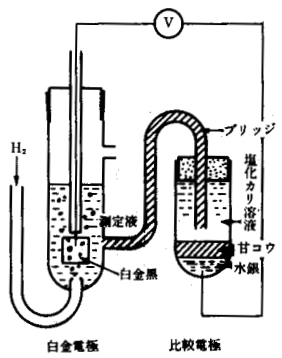


図3.1 水素電極を用いた測定の例

3.3 キンヒドロン電極法

測定液にキンヒドロン〔$C_6H_4O_2$・$C_6H_4(OH)_2$〕の少量を加え，よく撹拌し，白金電極と比較電極を浸し，両電極間の電位差からpHを求める方法です。この方法はキンヒドロンが液に溶けると，液のpHによってベンゾキノンとハイドロキノンの割合が変わり，電位差が変化することを利用したものです。この方法は簡単ですが，pH値が8以下の対象にしか用いることができず，測定液の中に酸化性または還元性物質があるときも測定できないので，その適用範囲がきわめて制限され，現在ではほとんど使用されていません。

3.4 アンチモン電極法

磨かれたアンチモンの表面にはその酸化物が生成されており，これを溶液の中に浸すと，その酸化物は溶解し水酸化物になりますが，液のpHによってアンチモン水酸化物の電離平衡が異なることに注目したのが，このpH測定方法です。そのやり方はサンドペーパや布切れなどで磨いたアンチモンの棒（普通直径10mm程度の丸棒）を比較電極とともに測定液の中に浸し，アンチモン棒と比較電極間の電位差からpH値を求めます。（図3.2参照）

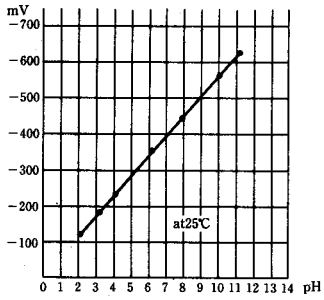


図3.2 標準液におけるアンチモン電極特性

フッ素を含む溶液で，ガラス電極の特性が短時間で劣化する場合やガラス膜が溶解する場合などには，アンチモン電極が用いられています。しかし，アンチモン電極法で得られる測定値はアンチモン表面の状態によって著しく異なりますので再現性のある値を得ることは困難です。このため，金属アンチモンの表面を磨き，常に新鮮な金属アンチモンを露出させながら用いることが必要です。
また，測定液中に硫化物，過酸化物など酸化還元性イオンを含む場合とか，酒石酸，クエン酸，シュウ酸等の強い錯体形成物質を含む場合（ホウ酸塩標準液は使用できない）は，測定が不可能になります。
なお，アンチモン電極法によるpH測定範囲はpH2～12で，これ以外は直線性がありません。また測定温度50℃以上では指示が不安定となりやすいので，常温付近で用いなければなりません。

3.5 ガラス電極法

特殊なガラス薄膜の両側に異なった2種の溶液を置いたとき，両方の溶液のpHの差に比例した起電力がガラス薄膜の両面に発生することを利用したのが，ガラス電極による測定の原理です。実際の形としては図3.3に示すように，薄いガラス膜で作られた容器Gの中にpHのわかっている溶液Bを入れ，これを測定液Aの中に浸すと，ガラス膜の両側に起電力が生じます。従って，両溶液A，Bに適当な電極E_1，E_2を浸し，その両電極間の電位差を電圧計Vで測定することによって，ガラス膜に発生した起電力を知ることができます。

ガラス電極を用いたpH測定法を前に述べてきた各種の測定法に比べると，次のような利点があります。

(1) 広い測定範囲…0～14pHの広い範囲にわたり，実用上問題のない程度の性能を持っている。
(2) 即応性…いままでのすべての方法に比べ，測定に要する時間が短い。
(3) 操作が簡単で，連続測定が可能。
(4) 再現性がよく，個人誤差がない…指示薬やアンチモン電極を用いるときは測定する人が違うと，測定結果が異なるという個人差があったが，この方法ではそれがほとんどない。そのため測定精度がよい。
(5) 塩誤差，タンパク誤差などの各種の誤差が少ない…他の測定方法では塩誤差，タンパク誤差などがあり，酸化還元性物質があると測れないものも多い。

また，欠点としては，次のようなものがあります。

(1) ガラス膜がこわれやすい…電極に使われているガラス薄膜はその厚さが0.01～0.5mm程度であるため，こわれやすく，取扱い上注意を要する。しかしガラスの材質の研究が進み，最近のものは薄くとも0.2mm以上の厚さになったので，この欠点はそれほど問題ではなくなっている。
(2) 電極の内部抵抗が大きい…水素電極，キンヒドロン電極，アンチモン電極などの方法では電極系の電気的な内部抵抗が小さいので，通常の直流電位差計または可動線輪形のミリボルトメータで電位差の測定が可能であった。それに比べ，ガラス膜両面の電位差を測るこの方法では，ガラス膜の電気抵抗が大きい（数MΩ～数100MΩ）ので，入力抵抗の特に高いミリボルトメータを使わねばならない。また測定回路全体の絶縁抵抗もきわめて大きい必要があるので，取扱い上注意を要する。

上に述べてきた利害得失から明らかなように，ガラス電極法による測定は，精度が高く，測定対象の制限が少なく，しかも連続測定が可能であるなど工業的な目的に最も適合していますので，最近ではpH測定といえば“ガラス電極法”といわれるほど一般化しています。

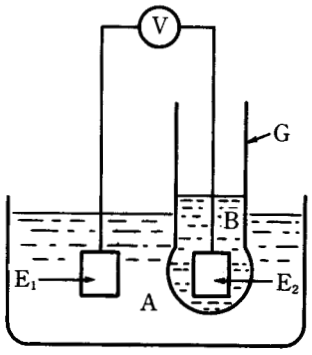


図3.3　ガラス電極によるpH測定

4. ガラス電極によるpH測定

4.1 ガラス電極によるpH測定の原理

図4.1にガラス電極の膜部を模式図で示します。ガラス膜が両液と接している膜界面は水和した状態となり，この水和層中の水素イオン活量は一定値となります。水和層中と測定溶液中の水素イオン活量の比率により電位を生じます。この膜界面に発生する膜電位(e)は，ネルンストの式から次式で示されます。

$$e_i = -\frac{2.3026\,R\,T}{F}\,pH_i + C_i \quad \text{（内部液側）} \cdots\cdots (4.1)$$

$$e_S = -\frac{2.3026\,R\,T}{F}\,pH_S + C_S \quad \text{（サンプル液側）} \cdots\cdots (4.2)$$

e_i ：内部液側の電位
e_S ：サンプル側の電位
R ：気体定数 8.3145 [J/(mol･K)]
T ：絶対温度 (t [℃]+273.15) [K]
F ：ファラデー定数 9.6485×10^4[C/mol]
C_i ：ガラス膜内部液側の固有電位
C_S ：サンプル液側の固有電位
pH_i ：ガラス膜内部液側のpH
pH_S ：サンプル液側のpH

ガラス膜の内部液側を基準とすれば，膜内外の電位差e_gは次式となります。

$$e_g = e_S - e_i = \frac{2.3026\,R\,T}{F}\,(pH_i - pH_S) + (C_S - C_i) \cdots\cdots (4.3)$$

この膜電位差を取り出すため2本の内部電極をガラス電極と比較電極に組み込んで，両電極間の電位差を高入力インピーダンスのpH変換器で測定します。
このときの測定電位差をE_g，また2本の内部極の単極電位差と(4.3)式の$(C_S - C_i)$をまとめてE_{AS}としますと，

$$E_g = \frac{2.3026\,R\,T}{F}\,(pH_i - pH_S) + E_{AS} \cdots\cdots (4.4)$$

$$E_g = (54.20 + 0.1984\,t) \times (pH_i - pH_S) + E_{AS} \cdots\cdots (4.5)$$

で示されます。内部液側のpH_iはpHが一定の緩衝液がガラス電極に封入され，そのpHは一定値となります。サンプル液側のpH_Sとして，あらかじめpH値のわかった溶液（標準液）で温度を一定にし電位mVとpHの関係を求めておけば，図4.2のごとく膜電位差からpH値を直読することができます。

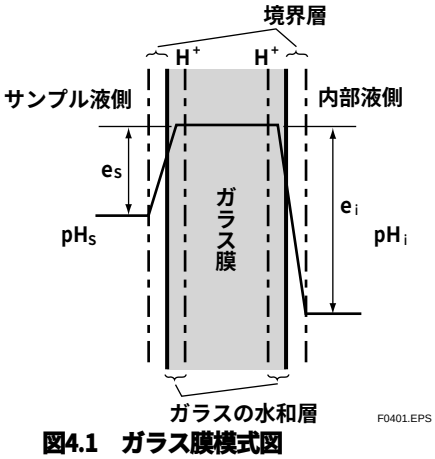


図4.1 ガラス膜模式図

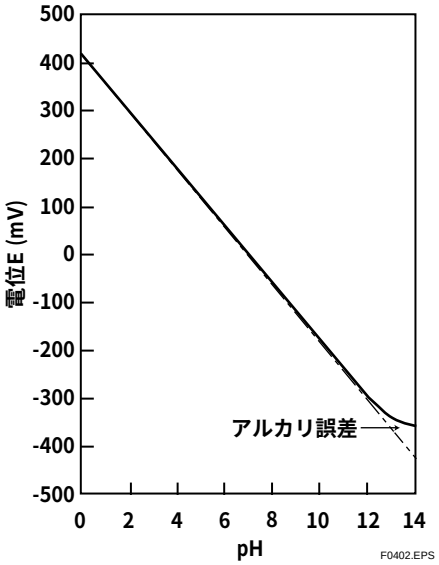


図4.2　ガラス電極の電位とpHとの関係

4.2　温度補償

(4.3)式の2.3026RT/F の項は，単位pHあたりの起電力を示したもので，温度を一因子として含んでいますから，その値は温度によって変化し，例えば1pHあたり0℃で54.19mV，25℃で59.15mV，60℃で66.10mVとなります（表4.1参照）。この温度による膜起電力の電位勾配をpH変換器で補償するため，一般に温度補償用測温体をガラス電極，比較電極と同じ位置に取り付けています。

表4.1　1pHあたりの起電力（2.3026RT/F の値）

温度(℃)	2.3026RT/F (mV)	温度(℃)	2.3026RT/F (mV)	温度(℃)	2.3026RT/F (mV)
0	54.20	35	61.14	70	68.09
5	55.19	40	62.14	75	69.08
10	56.18	45	63.13	80	70.07
15	57.17	50	64.12	85	71.07
20	58.16	55	65.11	90	72.06
25	59.15	60	66.11	95	73.05
30	60.15	65	67.10	100	74.04

T0401.EPS

4.3　不斉電位調整

ガラス電極の膜の内外に同じpHの液($pH_i = pH_S$)を入れた場合，原理上は膜起電力=0mVになるはずですが，実際にはガラス膜の厚さ，形状，ガラスの組成，製造工程の熱処理，前歴等によって多少の膜電位$C_S - C_i$を生じます。これを真の不斉電位といいます。ガラス電極の真の不斉電位と，比較電極の内部極同士の単極電位の差，液絡部に生じる液間電位差(*1)を一緒にして，見かけの不斉電位または単に不斉電位と呼び，これが(4.4)式のE_{AS}に相当します。

*1：　ジャンクション（液絡部）に生ずる電位で，液絡部の汚れおよび目詰まり等によって生じます。

4.4 スパン調整

実際のガラス電極では単位pHあたりの起電力の値が必ずしもネルンストの式の2.3026RT/Fと一致しませんので，pH4またはpH9の標準液を用いてpH計を調整することにより，理論電位勾配に対する多少の相違の補正を行う必要があります。
これをスパン調整といいます。

4.5 アルカリ誤差

図4.3に示すように，ガラス電極の起電力はアルカリ側において直線性からのかたよりを生じ，これをアルカリ誤差と呼びます。アルカリ誤差はガラス膜の組成によってその大きさが異なり，ナトリウム，リチウムによって生じやすく，同じpHでも陽イオンの種類と濃度および温度によって異なりますので，アルカリ誤差を表示する場合はこれらの条件を明記する必要があります。図4.4と図4.5にアルカリ誤差の例を示します。

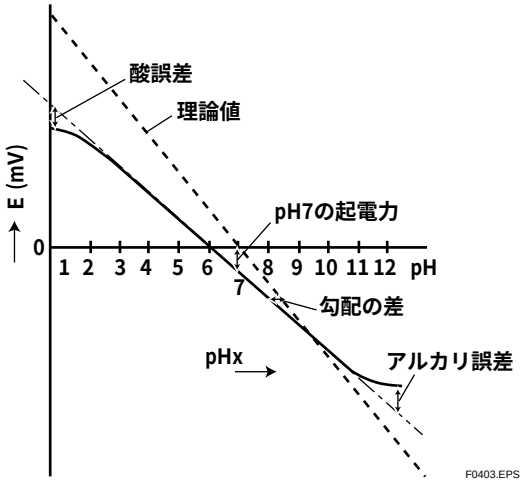


図4.3 ガラス電極の起電力特性概念図

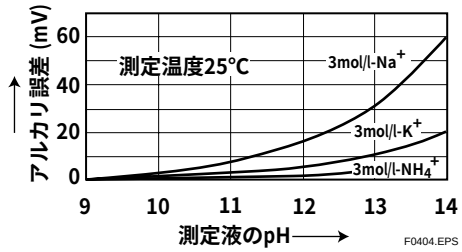


図4.4 イオンの種類とアルカリ誤差

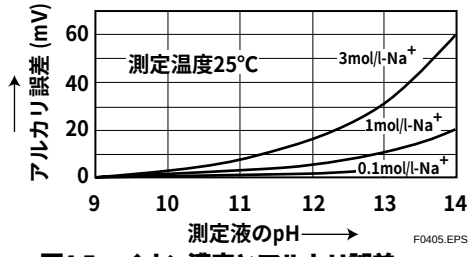


図4.5 イオン濃度とアルカリ誤差

4.6 酸誤差

酸誤差も，ガラス膜の組成や酸の種類によって大きさが異なります。また，酸誤差は浸漬する時間とともにしだいに大きくなり，ついには平衡値に達します。いったん酸誤差を生じたガラス電極は，これを中性の溶液中に浸漬しても，すぐにはもとの正常な挙動を示さず，かなりの時間を要します。
しかし，この酸誤差は，その大きさがアルカリ誤差に比べて小さいので，実用上はほとんど問題になりません。

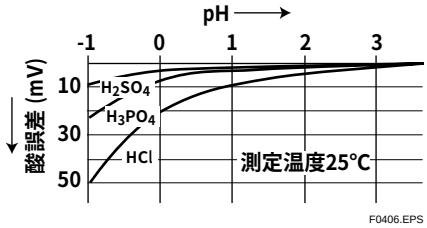


図4.6 酸の種類と酸誤差

5. 標準液

5.1 標準液の種類

ガラス電極によるpH測定では，標準液として表5.1に示すものを用います。

表5.1 標準液の名称と組成（JIS Z 8802）

名 称	組 成
シュウ酸塩標準液	0.05mol/l 四シュウ酸カリウム $KH_3(C_2O_4)_2 \cdot 2H_2O$水溶液
フタル酸塩標準液	0.05mol/l フタル酸水素カリウム $C_6H_4(COOK)(COOH)$水溶液
中性リン酸塩標準液	0.025mol/l リン酸二水素カリウム KH_2PO_4 － 0.025mol/l リン酸水素二ナトリウム Na_2HPO_4水溶液
ホウ酸塩標準液	0.01mol/l 四ホウ酸ナトリウム（ホウ砂） $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$水溶液
炭酸塩標準液	0.025mol/l 炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$ － 0.025mol/l 炭酸ナトリウム Na_2CO_3水溶液

T0501.EPS

これらの水溶液の各温度におけるpHの実用上の値を表5.2に示します。表5.2に記載されていない温度におけるpHの値は，なだらかに補間した値を用いてください。

表5.2 調製pH標準液の各温度におけるpH値（JIS Z 8802）

温度(℃)	標準液				
	シュウ酸塩	フタル酸塩 (pH4)	中性リン酸塩 (pH7)	ホウ酸塩 (pH9)	炭酸塩(*1)
0	1.67	4.01	6.98	9.46	10.32
5	1.67	4.01	6.95	9.39	(10.25)
10	1.67	4.00	6.92	9.33	10.18
15	1.67	4.00	6.90	9.27	(10.12)
20	1.68	4.00	6.88	9.22	(10.07)
25	1.68	4.01	6.86	9.18	10.02
30	1.69	4.01	6.85	9.14	(9.97)
35	1.69	4.02	6.84	9.10	(9.93)
38	——	——	——	——	9.91
40	1.70	4.03	6.84	9.07	——
45	1.70	4.04	6.83	9.04	——
50	1.71	4.06	6.83	9.01	——
55	1.72	4.08	6.84	8.99	——
60	1.73	4.10	6.84	8.96	——
70	1.74	4.12	6.85	8.93	——
80	1.77	4.16	6.86	8.89	——
90	1.80	4.20	6.88	8.85	——
95	1.81	4.23	6.89	8.83	——

(*1) 括弧内の値は2次補間値を示す。
備考： 特殊なpH測定の場合は，この表を用いなくてもよい。

T0502.EPS

5.2 標準液の調製方法

5.2.1 標準液の調製方法

各標準液の調製方法は，次の通りです。

(1) シュウ酸塩標準液…四シュウ酸カリウム$KH_3(C_2O_4)_2 \cdot 2H_2O$ 12.71gを，純水に溶解して1リットルとします。

(2) フタル酸塩標準液…フタル酸水素カリウム$C_6H_4(COOK)(COOH)$ 10.21gを，純水に溶解して1リットルとします。

(3) 中性リン酸塩標準液…リン酸二水素カリウムKH_2PO_4 3.40gとリン酸水素二ナトリウムNa_2HPO_4 3.55gを，純水に溶解して1リットルとします。

(4) ホウ酸塩標準液…四ホウ酸ナトリウム（ホウ砂）$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 3.81gを，純水に溶解して1リットルとします。

備考 リン酸塩とフタル酸塩は110℃に，また炭酸ナトリウムは白金るつぼに入れ500～600℃に加熱乾燥させて恒量にすることが必要です。シュウ酸塩と炭酸水素ナトリウムは，塩化カルシウムまたはシリカゲルを入れたデシケータ中に，またホウ酸ナトリウムは，臭化ナトリウムの飽和溶液に臭化ナトリウムを更に加えたものを入れたデシケータ中に保存したものを用います。

5.2.2 薬品および純水

標準液を調製するときに用いる薬品および純水の純度は，次の通りです。

(1) 四シュウ酸カリウム…JIS K 8474〔四シュウ酸カリウム（試薬）〕のpH測定用によります。

(2) フタル酸水素カリウム…JIS K 8809〔フタル酸水素カリウム（試薬）〕のpH測定用によります。

(3) リン酸二水素カリウム…JIS K 9007〔リン酸二水素カリウム（試薬）〕のpH測定用によります。

(4) リン酸水素二ナトリウム…JIS K 9020〔リン酸水素二ナトリウム（試薬）〕のpH測定用によります。

(5) ホウ酸ナトリウム…JIS K 8866〔四ホウ酸ナトリウム（ホウ砂）（試薬）〕のpH測定用によります。

(6) 炭酸水素ナトリウム…JIS K 8622〔炭酸水素ナトリウム（重炭酸ナトリウム）（試薬）〕のpH測定用によります。

(7) 炭酸ナトリウム…JIS K 8625〔炭酸ナトリウム（無水）（試薬）〕のpH測定用によります。

(8) 純水…導電率2×10^{-6} S/cm（25℃）以下のもの。ホウ酸塩標準液および炭酸塩標準液の場合は，特に炭酸ガスを除去した純水を使用する必要があります。

5.2.3 標準液調製の際に留意する事項等

標準液を調製する際に使用する試薬は，JISによってpH測定用として規定されたものを使用しなければなりません。

また，これを溶解するときに使用する純水は，導電率2×10^{-6} S/cm（25℃）以下のものを用いなければなりません。

純水は，大気およびソーダライム管により遮断して蒸留し，冷却して作られた蒸留水か，またはイオン交換樹脂を使用して作られた純水を用います。ソーダライムは，強アルカリですから，蒸留水を汚さないように留意する必要があります。イオン交換樹脂による純水を用いて作った標準液は，かびの発生が早いともいわれていますが，短期間の使用には差し支えありません。

標準液は，かなりの濃度変化に対して，ほとんどpHの値が変化しませんから，規定量の

結晶をメスフラスコにより一定容量に溶解して作ってください。このとき，厳密には温度により濃度が異なりますが，調製温度が室温であれば，実質的には影響ありません。
シュウ酸塩，フタル酸塩およびホウ酸塩標準液は，結晶を1種類だけ用いますから，その秤量および乾燥の方法にあまり厳密になる必要はありません。しかし2種類のものを混合して用いる中性リン酸塩および炭酸塩標準液の場合には，その混合比が変わらないように，乾燥および秤量に注意する必要があります。

5.3 標準液の保存

(1) 調製されたシュウ酸塩標準液，フタル酸塩標準液およびリン酸塩標準液は，上質の硬質ガラスまたはポリエチレン製のびん中に密閉して保存します。標準液は，長時間の保存によってpHの値が変化することがありますので，調整後長期にわたるもの，および一度大気中に開放放置された標準液は，新しく調製された標準液と比較して，pHの値が同一であることを確認した上で使用しなければなりません。
(2) ホウ酸塩標準液および炭酸塩標準液は大気中のCO_2等を吸収してpHの値が変化しますので，硬質ガラスまたはポリエチレン製の容器の入口まで一杯に満たした状態で保存しなければなりません。また，炭酸塩標準液は，CO_2を含まない雰囲気中で保存することが必要です。両標準液とも，一度使用したものは残液も含めて再び使用することはできません。

5.4 標準液の緩衝作用

外から酸や塩基を加えても，それに抗して溶液自体のpH変化を最小にしようとする性質を緩衝作用といいます。
pH標準液は，緩衝溶液（buffer solution）とも呼ばれています。では，どれくらいの緩衝作用があるのか，具体例を示すと，表5.3の通りです。緩衝値とは，標準液1リットルのpH値を1pHだけ変化させるのに必要な強酸，強塩基の量のモル数で，これが大きいほど，強酸，強塩基が加わってもpHが変わりにくいことを意味します。また希釈⊿pH1/2とは標準液を等量の蒸留水で希釈したときのpH変化（25℃における値）で，水で希釈したときの影響のめやすと考えられます。

表5.3 pH標準液の緩衝作用（25℃）

名称	シュウ酸塩標準液	フタル酸塩標準液	中性リン酸塩標準液	ホウ酸塩標準液
緩衝値 dB/dpH (mol)	0.07	0.016	0.029	0.020
希釈 $\Delta pH_{1/2}$	+0.19	+0.05	+0.08	+0.01

T0503.EPS

例えば，ホウ酸塩標準液のpHは25℃で9.18ですが，標準液自体が希薄な溶液であるにもかかわらず，NaOHのような強塩基を1リットルに対して0.02molも加えて，初めて1pH変化，すなわち，pHが10.18になります。これが緩衝作用のない液ではpHが12程度になってしまいます。また，水で2倍に薄めてもpHの増加分は0.01pHですが，緩衝作用のないものでは，0.3pHも増加します。表5.1の標準液はそれぞれ表5.3程度の大きな緩衝作用を持ったものが選ばれています。これら以外で標準液に使われる飽和水酸化カルシウム溶液と0.1mol/l 水酸化ナトリウム溶液にはこの緩衝作用が全くないので注意を要します。またこの両者は空気中の炭酸ガスを吸収して短時間にpHが変化する性質を持っており，さらに温度変化があれば大きくpHが変わる特性を十分に理解して使用しなければなりません。

6. pH検出器

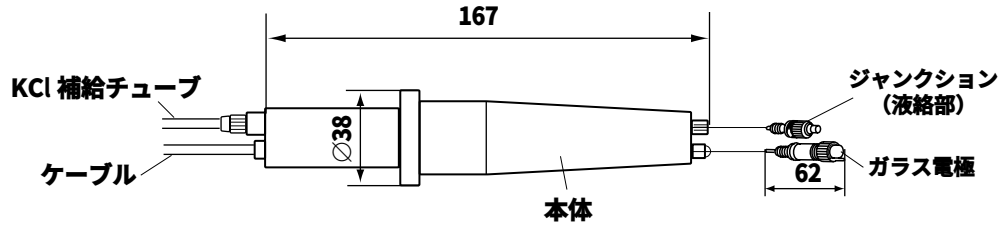
pH計としては，pH検出器とpH伝送器・pH変換器からなり，必要に応じて検出器を取付けるホルダから構成されます。
横河電機のEXA PHシリーズに使用するpH検出器としては，下記の検出器があります。詳細はGS12B07B02をご参照ください。
一般用
- KCl補給形pH検出器 (PH8EFP)
- KCl拡散形pH検出器 (PH8ERP)

特殊アプリケーション用
- 純水用pH検出器 (PH8EHP)
- 電解プロセス用ガラス複合形検出器 (PH8ECP)
- 化学プロセス用pH検出器 (DPA405, DPA406)
- 固体電解質pH検出器 (HA405, HA406)
- 耐フッ酸用pH検出器 (HF405)
- 小型培養槽用pH検出器 (DPAS405)

6.1 一般用pH検出器（PH8EFP，PH8ERP）

KCl補給形とKCl拡散形の2種類があります。KClの補給口以外はどちらも同じ形状・寸法ですので，同じホルダに取り付けることができます。
図6.1は，一般用pH検出器の外形図です。
(a)は，KCl補給口を持つKCl補給形pH検出器，(b)は，ジャンクション（液絡部）と長寿命内部液を持つKCl拡散形pH検出器です。どちらもガラス電極およびジャンクションの交換が容易にできます。

(a) KCl補給形 検出器



(b) KCl 拡散形 検出器

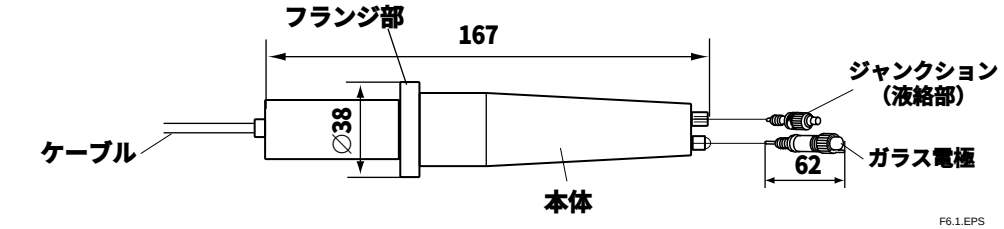
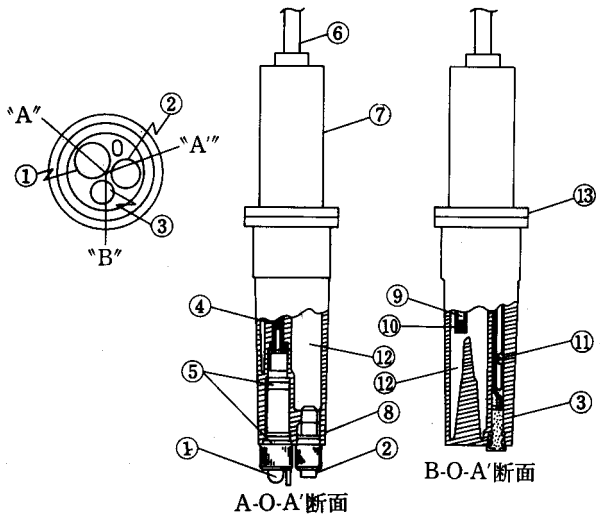


図6.1 一般用pH検出器の外形図



①：ガラス電極
②：ジャンクション(液絡部)
③：液アース
④：導電性ゴムコンタクト
⑤：Oリング
⑥：ケーブル
⑦：検出器 ボディ(ライトン)
⑧：Oリング
⑨：比較電極
⑩：ポーラスプラスチック
⑪：温度センサ
⑫：KCl溶液
⑬：フランジ部

図6.2 pH検出器の内部構造

図6.2はKCl拡散形pH検出器の内部構造を示したものです。この検出器には，次のような特長があります。

(1) 各種洗浄装置（ブラシ，ジェット，超音波）に対応できるように，ジャンクション，pHガラス電極を本体先端部に配置しています。このため，洗浄装置が付加されない場合にも，人手による洗浄が簡単にできます。
(2) KCl拡散形とKCl補給形のフランジ部の形状寸法を同一にし互換性を持たせています。
(3) 全体が接液しても，シール性があります。
(4) 軽量のため校正が容易です。
(5) 検出器ボディの熱変形温度は260℃以上，引張強さは150MPaです。
(6) 構造上ガラス電極部と比較電極部は，隔離構造を成しており，絶縁劣化を起こしにくい構造となっています。
(7) ガラス電極部の電気的接続部には，接点として，導電性ゴムを使用しているため，腐食されないので接触不良が起きにくくなっています。

6.2 KCl補給形pH検出器とKCl拡散形pH検出器の使い分け

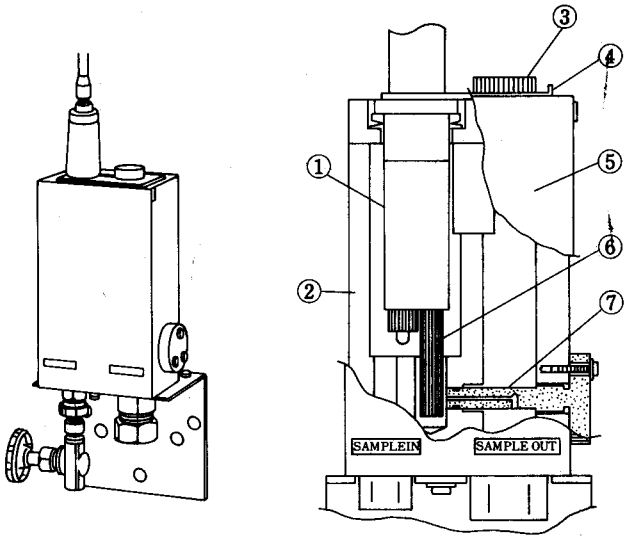
① KCl補給形検出器は，-5～+105℃，0～14pHのサンプルに適用でき，各種アプリケーションに広く使用できます。また高い測定精度を要求される場合に最適で，計量法の検定にも合格しています。

② KCl拡散形検出器は，保守が容易で，さらに検出器内のKClの補給は半年から2年に1度で済むので，一般の排水監視などに最適です。ただし，KClの必要補給頻度はプロセス条件によって異なります。

6.3 特殊アプリケーション用pH検出器

6.3.1 純水用pH検出器（PH8EHP）

純水のpHを測定する場合，通常のpH測定と異なり様々な障害要因があります。この障害要因を除くためpH検出器とホルダ（液槽）の構造は，図6.3に示すようになっています。純水用pH検出器は，KCl補給形pH検出器に比べジャンクションの形状が異なるのみで，検出器ボディやガラス電極はKCl補給形pH検出器と同じです。



①：検出器 ボディ
②：液槽部
③：金具固定用つまみ
④：検出器 押え金具
⑤：シールド板
⑥：ジャンクション
⑦：バイパス流路アセンブリ

図6.3 純水用pH検出器およびホルダの構造

6.3.2 電解プロセス用pH検出器（PH8ECP）

高温，高濃度のCl_2を含む電解プロセスにおいては，テフロンを除く有機系材料は，シール材として使用できません。
例えばバイトンは約1週間で，軟化変質して，シール機能を失います。この強腐食性溶液に耐えるために，セラミックジャンクションと白金液アースをガラスでシールし，さらにpHガラス電極，ガラス製フランジからなる，オールガラス一体型構造の検出器を電解プロセス用のために用意いたしました。
PH8ECPの外観は図6.4の通りです。ガラス一体型のためガラス膜部，ジャンクション部を独立に交換することはできません。なお，この検出器には，チタン製のホルダが用意されています。

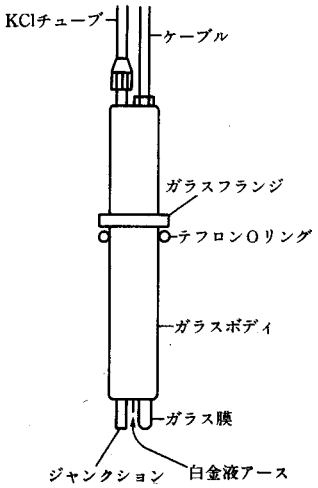


図6.4 電解プロセス用pH検出器の外観（PH8ECP）

6.3.3 化学プロセス用pH検出器（DPA405, DPA406）

化学プロセス用pH検出器DPA405は，高粘度のゲル状の内部液が電極内部に完全密封されています。また，その内部液は，圧力がかかった状態で封入されているため加圧ホルダが不要になりました。

DPA405は，比較電極から液絡部への銀イオンの移動を押さえる“Agバリア”を比較電極に内蔵しました。（図6.5参照）この“Agバリア”は，高温での使用においても優れた効果を発揮します。

DPA405の特長は以下のとおりです。

- 装着が簡単。（加圧ホルダは不要）
- 液絡部が汚れにくい。（電極内部に圧力が封入されているため測定液の圧力に対抗して常に内部液が適度に流出して液絡部の汚れを防ぐ）
- 硫化物による液絡部の目詰まりが生じにくい。
  （比較電極に組み込まれたAgバリアが，液絡部での硫化物の生成を未然に防ぐ）
- 電極使用時まで余分な電極内部液の流出は無い。
  （液絡部は，出荷前にシールされている）
- 高アルカリでの指示誤差が少ない。（高アルカリ対応のガラス感応膜を使用）
- DPA406はDPA405に測温抵抗体を付加したpH検出器です。

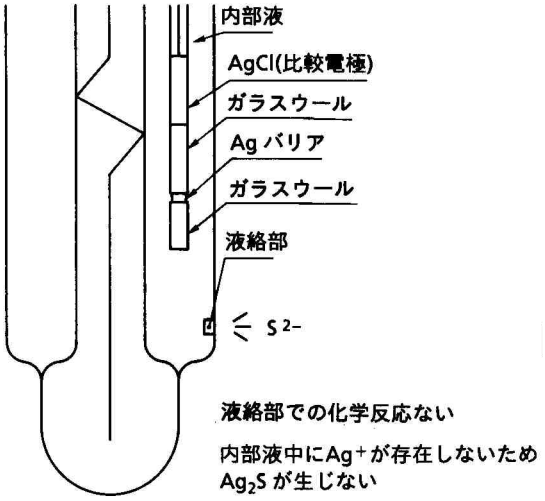


図6.5 化学プロセス用pH検出器の構造

6.3.4 固体電解質pH検出器（HA405, HA406）

HA405 固体電解質pH検出器“ キセロライト ”は，メタン発酵・バイオリアクタ用として開発されメタン発酵以外の汚れの激しい工場排水，高温アルカリ溶液，高濃度硫化物を含む溶液等の過酷なpH測定で多くの実績があります。HA405は，一般の検出器とは構造が異なり，検出器のトラブルの大部分を占める液絡部にセラミックがありません。（図6.7参照）

内部液を固形化することにより，内部液の栓の役目もしていたセラミックが不要になりました。図6.6の小孔(3)は液絡部で孔径が1.0～1.5mmで通常の検出器は約0.5μm前後で詰まりにくく，小孔が詰まっても機械的に容易に除去することができます。

比較電極(4)に対して有害なイオンが小孔(3)からpH検出器内に侵入した場合，小孔(5)を経由して比較電極に達するまでに極めて長い距離を拡散する必要があります。固体電解質内には，pH測定に全く影響のない有害イオン捕獲剤が分散されているので，大部分の有害イオンは比較電極に達するまでに捕獲されます。“ キセロライト ”が長期間安定した測定ができる一つの理由は，比較電極が外部の有害物質に対して極めて厳重に保護されていることにもよります。

HA405 の特長は以下のとおりです。

- 液絡部がセラミックでなく小孔（1.0～1.5mm）であるため液絡部の汚染（目詰まり）が生じにくい。
- 内部液が固体（ポリマー状）で内部液の補充は一切不要。
- ホルダは加圧の必要がなく簡単な構造で経済的。
- 高温，　高圧下での耐久性に優れる。

HA406はHA405に測温抵抗体を付加したpH検出器です。

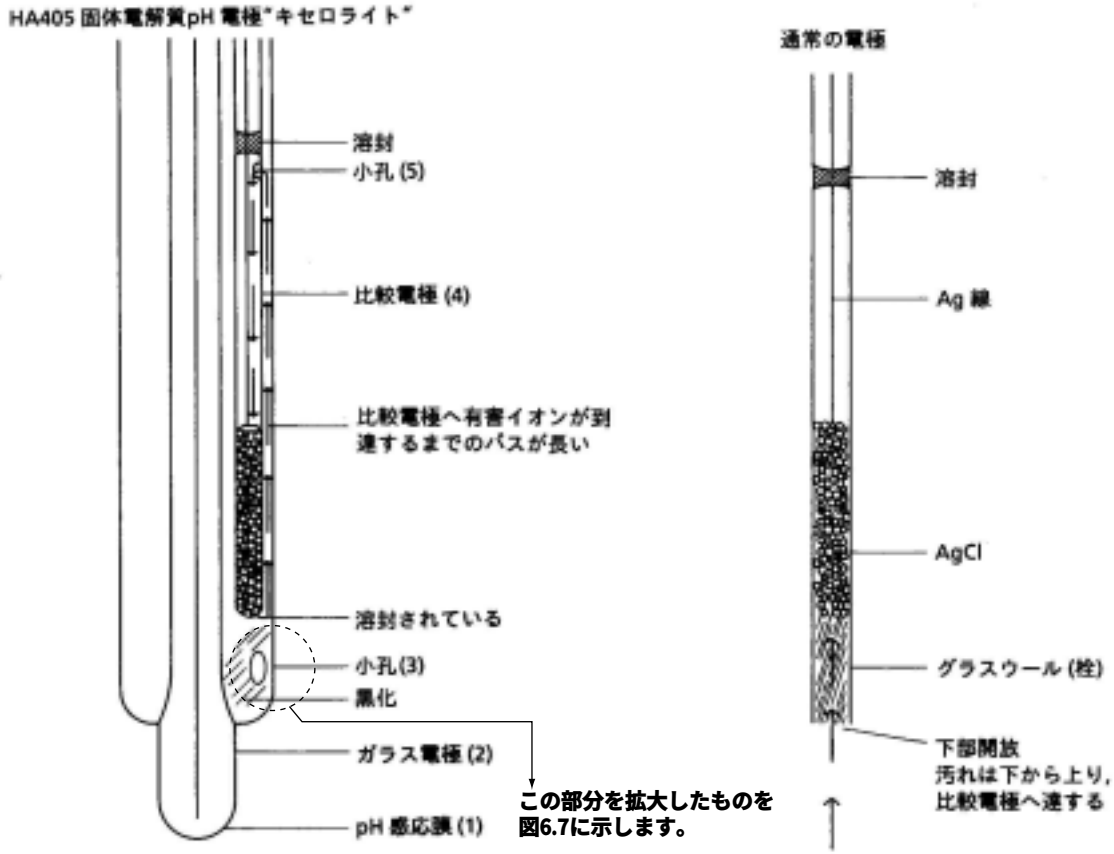


図6.6　検出器の構造

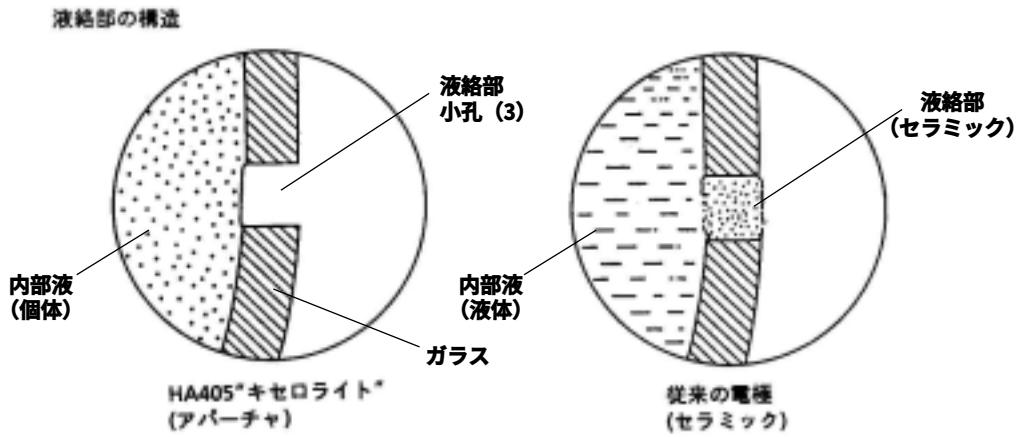


図6.7　液絡部の構造

6.3.5 耐フッ酸用pH検出器（HF405）

HF405 耐フッ酸用pH検出器は，工業用pH検出器として多くの実績を持つ固体電解質pH検出器“ キセロライト ”をベースに耐フッ酸ガラス感応膜の特殊タイプとなっています。
ベースとなる固体電解質pH検出器“ キセロライト ”は，一般のpH検出器とは構造が異なり，検出器のトラブルの大部分を占める液絡部にセラミックがありません。（図6.7参照）
HF405の特長は以下のとおりです。

- 液絡部がセラミックでなく小孔（1.0～1.5mm）であるため液絡部の汚染（目詰まり）が生じにくい。
- 内部液が固体（ポリマー状）で内部液の補充は一切不要。
- ホルダは加圧の必要がなく簡単な構造で経済的。
- 高温，　高圧下での耐久性に優れる。

6.3.6 小型培養槽用pH検出器（DPAS405）

小型培養槽用pH検出器DPAS405は，蒸気滅菌を繰り返しても指示変化が少ない特殊なアーゲンタールと呼ばれる比較電極により優れた耐蒸気滅菌性を持ちます。また，内部液の補充や加圧ホルダによる内部液への加圧が全く必要ないことや，培地に含まれる硫化物による電極の汚れが生じにくくメンテナンスの削減，長寿命を実現しました。
従来の比較電極は，比較電極の銀イオンが徐々に液絡部（ダイヤフラム）へと移動し，液絡部で塩化銀や硫化銀となって目詰まりの原因となっていました。
硫化物を含む溶液の測定では，この硫化銀による液絡部の汚れ（黒色化）により電極の応答時間の増加，液絡部の電気抵抗の増大，電極出力の異常などが発生します。
DPAS405は，比較電極からダイヤフラムへの銀イオンの移動を押さえる“ Agバリア ”を比較電極に内蔵しました。（図6.5参照）この“ Agバリア ”は，高温での使用においても優れた効果を発揮します。
DPAS405の特長は以下のとおりです。

- 蒸気滅菌に対する耐久性に優れる。
  （蒸気滅菌の繰返しによる電極指示値の変化が少ない）
- 電極全体の蒸気滅菌オートクレーブが可能。
- 高い無菌性。（電極内部液は完全密封されている）
- 装着が簡単。（加圧ホルダは不要，小型培養槽に装着しやすい）
- 液絡部が汚れにくい。（内部液を圧力封入しているため測定液の圧力に対抗して常に内部液が適度に流出して液絡部の汚れを防ぐ）
- 硫化物による液絡部の目詰まりが生じにくい。
  （比較電極に組み込まれたAgバリアが，液絡部での硫化物の生成を未然に防ぐ）
- 電極使用時まで余分な電極内部液の流出が無い。
  （液絡部は，出荷前にシールされている）

7. pH検出器・ホルダセレクションガイド

注1）この表はあくまでも参考であり，保証するものではありません。
注2）*印は左記注記をご参照ください。
注3）Oリングは成分によっては変更の必要があります。（GS12B07B02参照）

◎ 推奨　○ 適合　△ 可能　× 使用不可

		一般用pH検出器		用途別対応用pH検出器					
	形　名	PH8EFP	PH8ERP	PH8EHP	PH8ECP	HA405/ HA406	DPA405/ DPA406	HF405	FU20
	名　称	KCl補給形 pH検出器	KCl拡散形 pH検出器	純水用 pH検出器	電解プロセス用 pH検出器	固体電解質 pH検出器	化学 プロセス用	耐フッ酸用	pH/ORP 複合検出器
仕様別	常用pH測定範囲	0～14	2～12	2～12	0～14	2～14	0～14	2～11	2～12
	温度範囲	−5～105℃*1	−5～80℃	0～50℃	−5～105℃	0～110℃	0～100℃	0～80℃	−10～105℃ (検出器単体)
	測定圧力	大気圧～10kPa（一般形大容量タンク） 大気圧～500kPa（中圧形タンク）	大気圧～ 50kPa	大気圧	大気圧	大気圧～1.6MPa（液温25℃） 大気圧～600kPa（液温100℃）	0～ 250kPa	大気圧～1.6MPa（液温25℃） 大気圧～600kPa（液温100℃）	0～1MPa
アプリケーション別	内蔵測温抵抗体	Pt1000	Pt1000	Pt1000	Pt1000	無し *4	無し *4	無し *4	Pt1000
	電解プロセス	×	×	×	◎	×	○	×	×
	化学プロセス一般	○*1	×	×	○	△	○	○	△
	純水測定（導電率0.1～50μS/cm）	×	×	◎	×	×	×	×	×
	有機物を含む液	○	×	×	×	○	△	×	×
	塩素，水素ガスの発生する化学プロセス	×	×	×	◎	×	○	×	×
	フッ素を含む液（pHによる上限濃度有り）	×	×	×	×	×	×	◎	×
	常用pHが10以上の高アルカリプロセス	◎*1	×	×	×	○	◎	×	×
	蒸気滅菌を伴うバイオプロセス	×	×	×	×	×	×	×	×
	有機溶媒を多く含む液	×	×	×	×	×	○	×	×
	一般排水・下水	○*2	×	×	×	◎	○	×	◎
	し尿処理	△*2	×	×	×	△	×	×	◎
	メッキプロセス	○	×	×	×	△	◎	×	×
	放流水	◎	○	×	×	○	△	△	◎
	排煙脱硫装置 *5	○	×	×	×	◎	×	×	×
適合変換器	PH450G：4線式pH/ORP変換器	○	○	○	○	○	○	○	○
	PH400G：4線式pH変換器	○	○	○	○	○	○	○	○
	FLXA21：2線式pH/ORP伝送器	○	○	○	○	○	○	○	○
	PH202SJ：2線式pH/ORP伝送器	○	○	○	○	○	○	○	○
	PH100G：パネル形pH変換器	○	○	×	×	×	×	×	×
適合ホルダ	PH8HG：投げ込み形ガイドパルプ	○	○	×	×	×	×	×	×*3
	PH8HS/PH8HSF：潜漬形ホルダ（一般/防爆形）	○	○	×	×	○	○	△	×
	PH8HF/PH8HFF：流通形ホルダ（一般/防爆形）	○	○	×	○	○	○	○	×
	PH8HH：純水ホルダ	×	×	◎	×	×	×	×	×
	HH350G：引き上げ形ホルダ	○	○	×	×	×	×	×	×*3
	PB350G：傾斜形フロートホルダ	○	○	×	×	×	×	×	×
	PB360G：垂直式フロート形ホルダ	○	○	×	×	×	×	×	×
関連部品		高アルカリ電極*1 テフロンジャンクション*2		純水用ジャンクション		ホルダ取付用測温体付アダプタSA405*4			

*1. 高アルカリ溶液の場合，高アルカリ電極（付加仕様）をご使用ください。
*2. テフロンジャンクション（付加仕様）をご使用ください。
*3. 標準では対応していません。
*4. 406シリーズは，測温体を内蔵しています。405シリーズは，SA405測温体付きアダプタと組合わせ可能です。
*5. 薬液洗浄形pH測定システムと組合わせて使用します。
（注）組合せ機器の詳細については、組合わせる変換器または伝送器の一般仕様書，取扱説明書（PH450G:GS 12B07C05-01 、 PH400G:GS 12B7C1 、FLXA21：GS 12A01A02-01 、PH202SJ：IM 12B07D02-01 、PH100：IM 12B11A01-01）または別冊TI（TI 12B07A03-02）を参照してください。

8. 計量法検定

公害測定用濃度が計量法の適用を受けることになり，証明，取引行為に使用するpH計には検定が義務付けられています。
pH計は，取引の面ではあまり使われませんが，証明行為には広く用いられています。計量法上の証明行為とは，「公に，または業務上他人に，一定の事実が真実であることを表明する行為」と定義されています。例えば，行政機関が，河川水のpHを測定して，その値を公表したり，また，ある工場が排水のpHを測定して，その値を行政機関に報告したりすることは，「公に」という定義に入ります。
また，環境計量証明事業者（いわゆる分析業者）がpHを測定し，その値を測定依頼主に報告することは，「業務上他人に」という定義に該当します。
したがって，生産工程のプロセス管理などに用いられるpH計のように，その測定値を自社内だけで使用する場合には，検定合格品を用いる必要はありません。
検定対象pH計は，「ガラス電極式水素イオン濃度計」です。
アンチモン，キンヒドロン，水素電極方式は，検定対象外とされています。これは，水質汚濁防止法で「排出水のpH測定はガラス電極方式による」と，定められていることによります。

(1) 検定機関

ガラス電極式水素イオン濃度計（pH計）の検定は，計量法第70条に，「経済産業大臣または経済産業大臣が指定する『指定検定機関』が行う」と定めており，現在は財団法人日本品質保証機構が指定検定機関となっています。

(2) 検定公差

pH計の検定公差は次のように定められています。

a. 検出部の公差

0.05pHあたりの起電力の理論値とします。
これは，検出部を25℃のフタル酸塩標準液（pH4），およびホウ酸塩標準液（pH9）に浸したときに，検出部にそれぞれ発生する起電力の差（正確には絶対値の和）を5.17（25℃におけるホウ酸塩標準液のpH値9.18から，同温度のフタル酸塩標準液のpH値4.01を引いたもの）で除した値と，1pH値あたりの起電力の理論値59.15mVとの差を求め，これが0.05pHあたり，つまり2.96mV　3mVであることを意味します。

b. 指示部の公差

1目盛りの値	検定公差
0.1pH	0.05pH
0.1pHを超えるとき（ただし，0.2pH以下）	1目盛りの値の1/2

c. 使用公差

これは，a，bの検定公差の，それぞれ1.5倍となっています。
使用中のpH計について，計量法に基づく立入検査が行われた場合は，この公差が適用されます。

(3) 型式承認

製造事業者が，原理，構造，材質，回路図，部品表，使用方法などを詳細に記述した膨大な資料，ならびに指示部は2台以上，検出部は3本以上の現物を提示して，構造検査を受け，その型式の製品について「型式承認」が与えられます。

(4) 毎個の検定

型式承認された型式のpH計は，承認番号を表示して，1個ずつ個別に財団法人日本品質保証機構で，検定合格条件の器差検定を受け，これに合格して，初めて証明，取引行為に使用することができます。
この毎個の検定は，器差試験のほかに，運用面で必要に応じて，任意に試験項目を追加することもあります。
検出部と指示部はそれぞれ単独に検定されますが，その区分は次の通りです。

a. 検出部

いわゆるガラス電極単位で，比較電極や電極ホルダは，検定対象ではありません。しかし，組み合わせて使用する比較電極を添えて検定を受けることが必要です。
しかし，加圧式電極ホルダのように，機能上必要なものは，電極と一体と見なされますので，型式承認の際に指定されたホルダを組み込んで検定を受けねばなりません。

b. 指示部

指示部とは，電極に直結するコネクタ受けから，指示計または，記録計までのすべてを含みますので，その中間に付属するコネクタボックス，ケーブルなどの機器すべてを提出することが必要です。

(6) 検定有効期間

a) 検出部…2年間
b) 指示部…6年間
これは「毎個検定」の合格日から起算します。使用を開始した日からではありません。

(7) 再検定

引き続き，証明行為に使用する場合は，検定有効期限の切れる前に再検定（毎個の検定）を受ける必要があります。
検出部の1年経過後の再検定は，製品の性質が電池などと同じことから，受け付けられません。

(8) 検定付検出器

検定付検出器としてはPH8EFPがあります。

9. 耐食材料表

（注）この表は各薬品単体の耐食性を示します。サンプル中に2種以上の薬品が混在する場合にはこの表と異なる場合があります。
（注）この表はあくまでも参考であり，保証するものではありません。

◎きわめて良好　濃度 100%
○かなり良好　温度 20℃
△いく分劣る　判定 ◎
×使用不能

		ホルダ材質			超音波振動子材質 検出器接地側材質									シール用 Oリング材質	検出器 ボディ材質			
		ポリプロピレン			SUS 316			ハステロイC			チタン			バイトン	ライトン			備　考
		濃度	温度	判定	濃度	温度	判定	濃度	温度	判定	濃度	温度	判定		濃度	温度	判定	
無機質	亜硫酸	100	20	◎	6	30	◎	6	30	○	6	30	◎			——		
			90	◎														
	塩酸	5	20	◎	5	30	×	5	30	◎	5	30	◎		5	30	◎	
		5	80	◎							5	b	×		37	60	△	
															37	90	×	
	クロム酸	20	20	△	10	b	○	20	30	○	10	b	◎		20	20	○	
		20	40	×														
	次亜塩素酸	10	20	◎	14	30	×	15	43	◎	20	40	◎		5	20	○	
		10	40	○												40	×	
	臭化水素		——			——			——		40	30	◎	強酸　◎		——		
	硝酸	10	20	◎	10	30	◎	10	30	◎	10	100	○	弱酸　◎	5	20	○	
		10	80	◎											10	60	×	
	ヨウ化水素	57	20	◎	57	25	×		——		57	30	○			——		
		57	70	◎														
	硫酸	3	20	◎	6	30	◎	5	30	◎	5	30	◎		90	20	◎	
		3	100	◎	5	100	×	5	70	◎	5	100	×		30	90	○	
	リン酸	30	60	◎	15	30	◎	5	30	◎	5	30	◎		85	90	◎	
		30	100	△	5	b	◎	5	b	◎	5	60	○					
アルカリ	アンモニア水	15	80	◎	10	b	◎	10	b	◎	10	b	◎		15	30	◎	
		15	100	○	28	65	◎	20	65	◎	20	65	◎					
	苛性カリ		——		10	b	◎	10	b	◎	10	b	◎		10	20	◎	
					25	b	◎	25	b	◎	25	b	○		10	90	△	
	苛性ソーダ	20	80	◎	20	30	◎	20	30	◎	20	30	◎		10	20	◎	
		20	100	◎	20	b	◎	20	b	◎	20	b	◎	強アルカリ×	10	90	△	
	苛性ソーダ9～11% ＋塩化ナトリウム15%		100	◎		——			——			93	◎	弱アルカリ△		90	○	
	炭酸カリ		——		5	b	◎	5	b	◎	5	b	◎		5	b	◎	
					35	b	◎	35	b	◎	35	b	○		35	b	○	
	炭酸ソーダ	sat.	100	◎	25	b	◎	25	b	◎	25	b	◎		25	90	◎	
塩化物	塩化亜鉛		——		20	b	△	20	b	◎	20	b	◎	——		——		
	塩化アルミ		——		25	25	×		——		10	b	◎	——		——		
					25	25	×				25	b	×					
	塩化アンモニウム	35	40	◎	25	b	△	25	b	◎	25	b	◎	——	25	90	◎	
	塩化カリウム	sat	60	◎	sat.	60	◎	sat.	60	◎	sat.	60	◎	——	20	90	◎	
	塩化カルシウム	sat.	80	◎	25	b	○	25	b	◎	25	b	◎	——	25	90	◎	
		sat.	100	◎														
	塩化第二鉄	20	40	◎	30	b	×	30	b	×	30	b	◎	——	20	60	◎	
		20	60	◎														
	塩化ナトリウム20% ＋Cl2融和（電解液）		100	◎		90	×		90	×		90	◎	——		20	△	
	海水		24	◎		24	△					24	◎	——		24	◎	
	塩化マグネシウム	sat.	80	◎	42	b	△	42	b	◎	40	b	◎			80	○	
硫酸塩	硫酸アンモニウム	5	60	◎	20	b	◎	20	b	◎	20	b	◎	——	10	90	◎	硫安結晶でポリプロピレンは爆発することあり
				◎	sat.	30		sat.	30	◎	sat.	30	◎					
	硫酸カリウム		——		10	b	◎	10	b	◎	10	b	◎	——	10	90	◎	
	硫酸ナトリウム	通常使用される塩類すべてに対して耐食性良好			20	b	◎	20	b	◎	20	b	◎	——	10	90	◎	
硝酸塩	硝酸アンモニウム				20	b	◎	20	b	◎	20	b	◎	——	10	90	◎	
	硝酸ナトリウム				50	b	◎		——		50	b	◎	——		——		
その他	亜硫酸ナトリウム				20	b	◎		——		20	b	◎	——		——		
	過酸化水素				10	30	◎		——		10	30	◎	——	10	30	◎	
	次亜塩素酸ナトリウム	30	90	◎	2	60-90	×	2	60-90	△	15	30	◎	——	5	90	◎	
		20	80	◎														
	重クロム酸カリウム		——		10	b	◎	10	b	◎	10	b	◎	——		——		
	硫化ナトリウム	60	80	◎	10	b	◎		——		10	b	◎	——	10	90	◎	
	硫酸水素ナトリウム		——		10	b	△		——		10	b	◎	——		——		
ガス	塩　素　ガ　ス		20	○		30	×		30	△		30	◎	——		20	×	
			40	△														
			60	×														
	海水＋Cl_2飽和		——			95	×		95	△		95	◎	——		——		
	臭　素　ガ　ス		——			——			30	◎		30	◎	——		30	×	
	硫　化　水　素		——			20	◎		——			20	◎	——		——		
	亜硫酸　ガ　ス		80	◎		——			——			30-90	◎	——		80	◎	
			100	◎														

（注）b：boiling point　沸点の温度を示す。

		ホルダ材質	超音波振動子材質 検出器接地側材質			シール用 Oリング材質	検出器 ボディ材質	
		ポリプロピレン	SUS 316	ハステロイC	チタン	バイトン	ライトン	備　考
		濃度　温度　判定	濃度　温度　判定	濃度　温度　判定	濃度　温度　判定	濃度　温度　判定	濃度　温度　判定	
有機物質	アセトアルデヒド	20 ◎	100 30 ◎	——	——	——	100 20 ○	
	アセトン	100 20 ○	50 25 ◎ 100 110 ◎	——	——	100 25 ×	100 b ○	
	アニリン	100 20 ◎ 100 70 ○ 100 100 △	100 25 ◎	——	——	——	100 90 ○	
	エーテル	100 20 △	100 25 ◎	——	——	——	100 20 ◎	
	エチレングリコール	100 70 ◎ 100 100 ◎	100 25 ◎	——	——	——	——	
	エチルアルコール	96 70 ◎	100 b ◎	——	——	——	100 90 ◎	
	塩化メチル	100 20 ×	100 25 ◎	——	——	——	——	
	氷酢酸	100 70 ◎ 100 100 ○		——	——	100 24 ×	100 20 ◎	
	グリセリン	100 70 ◎ 100 100 ◎	100 25 ◎	——	——	——	——	
	クロロフェノール	100 20 ◎ 100 70 △ 100 100 ×	——	——	——	——	100 20 ◎	
	キシレン	100 20 ×	——	——	——	——	100 20 ◎	
	クロルベンゼン	100 20 × 100 100 ×	——	——	——	——	——	
	クロロホルム	100 20 ×	100 b ◎	100 b ◎	100 b ◎	——	100 90 △	
	ジオキサン	100 20 ◎ 100 70 △ 100 100 ×	——	——	——	——	100 90 ◎	
	ジクロルエタン	100 70 ×	——	——	——	——	——	
	硝酸エチル	100 20 ◎ 100 △	100 105 ◎	——	——	——	100 90 ○	
	四塩化炭素	100 20 ×	90 b △	——	90 b ◎	100 24 ×	——	
	トリクロルエチレン	100 20 ×	100 b ○	100 b ◎	100 b ◎	——	100 90 ×	
	トルエン	100 20 ×	——	——	145 ◎	——	100 90 ◎	
	ベンゾフェノン	——	——	——	——	——	——	
	ベンズアルデヒド	100 20 ◎ 100 70 ○ 100 100 ×	——	——	——	——	100 20 △ 100 90 ×	
	ベンジルアルコール ベンゼン	100 20 ◎	100 30 △	——	100 30 ○	100 25 ○	100 90 ◎	
	ホルムアルデヒド	10 70 ◎ 10 100 ◎	37 b ◎	37 b ◎	37 b ◎	——	——	
	メチルナフタリン	◎	——	——	——	——	——	
	メチルエチルケトン	100 20 ○ 70 △	——	——	——	——	100 90 ◎	
	メチルアルコール	100 20 ◎	100 25 ◎	——	——	——	100 25 ◎	
	ニトロベンゼン	100 20 ◎ 100 70 ○ 100 100 ×	——	——	——	——	100 90 ×	
	酢酸	100 20 ◎ 100 70 △ 100 100 ×	10 b ◎	——	10 b ◎	——	——	
	フェノール	100 20 ◎ 100 100 ○	95 30 ◎	95 30 ○	95 30 ◎	——	100 90 △	
	安息香酸	100	——	——	——	——	——	
	モータ油	100 20 ◎ 100 70 ○ 100 100 △	——	——	——	——	100 20 ◎	
	石油エーテル	100 20 ◎	——	——	——	——	100 20 ○	
	灯油	100 20 ○ 100 70 ×	——	——	101 ◎	——	100 20 ○	
	酒石酸	10 40 ◎ 10 60 ○ 10 80 △	50 100 △	50 100 △	50 100 ◎	——	——	
	油脂類	100 70 ◎	100 25 ◎	100 180 ◎	100 180 ◎	——	——	
	硫化炭素	100 20 ×	100 25 ◎	——	——	100 25 ◎	——	

（注）b：boiling point　沸点の温度を示す。

ご注意

●接液部材質は，使用するプロセスの特性を十分考慮して選定ください。間違った材質選定によって漏洩したプロセス流体が，設備に甚大な影響を与える可能性があります。特に，塩酸，硫酸，硫化水素，次亜塩素酸ナトリウムなど腐食性の強いプロセス流体については十分ご注意ください。製品の接液部構造について少しでもご不明な点は必ずお問い合わせください。

Techical Information　改訂情報

資料名称　　：EXA PH シリーズ　プロセス用 pH 計（基礎・製品編）
資料番号　　：TI 12B07A03-01

'05年7月／初版　　新規
'10年12月／2版　　全体に見直し，セレクションガイド（ページ22）にFLXA21を追加等